

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-36-90-94>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОБОДНОГО ДОРНОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ПОРИСТЫХ ЗАГОТОВОК

*Рябичева Л.А., Белозир И.И.*

*Луганский государственный университет имени Владимира Даля, Луганск*

**Ключевые слова:** порошковая заготовка, свободное дорнование, натяг, угол заборного конуса, относительная плотность, гидростатическое сжатие.

**Аннотация.** В статье выполнено компьютерное моделирование влияния величины натяга, угла заборного конуса на силу и относительную плотность при свободном дорновании порошковой пористой заготовки. Показана зависимость силы дорнования от технологических параметров – натяга, угла заборного конуса дорна. Получено, что с увеличением натяга и угла заборного конуса сила дорнования увеличивается. С ростом угла заборного конуса относительная плотность материала на внутренней стенке полой заготовки растет практически до компактного состояния. При этом толщина уплотненного слоя уменьшается.

## MODELING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF FREE BURNISHING OF POWDERED POROUS BILLET

*Ryabicheva L.A., Belozir I.I.*

*Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk*

**Keywords:** powder billet, free burnishing, tension, angle of the intake cone, relative density, hydrostatic compression.

**Abstract.** The article presents a computer simulation of the effect of the amount of tension, the angle of the intake cone on the strength and relative density during free burnishing of a powder porous billet. The dependence of the burnishing force on the technological parameters – the tension, the angle of the burnishing intake cone is shown. It is found that with an increase in the tension and angle of the intake cone, the burnishing force increases. With an increase in the angle of the intake cone, the relative density of the material on the inner wall of the hollow billet increases almost to a compact state. At the same time, the thickness of the compacted layer decreases.

При выполнении пластического поверхностного деформирования происходит упрочнение поверхностного слоя, в результате повышается износостойкость деталей машин, работающих в условиях внешнего трения [1]. Для свободного дорнования и дорнования в обойме полых деталей из компактных материалов имеются теоретические и экспериментальные данные по выбору размеров инструмента [2, 3]. Для порошковых деталей, имеющих остаточную пористость, такие рекомендации отсутствуют.

Целью данной работы является компьютерное моделирование влияния натяга и угла заборного конуса дорна на относительную плотность и силу дорнования порошковой пористой заготовки.

При выполнении компьютерного моделирования свободного дорнования использовали спеченные порошковые медные образцы легированные титаном ВТ-1-0 (6%) пористостью  $15 \pm 0,5\%$ . Для оценки

влияния натяга на качество детали использовали дорны с диаметром по ленточке 10 мм, длиной  $20 \pm 0,05$  мм, наружным диаметром  $D_0 = 28 \pm 0,05$  мм, внутренним диаметром  $d_0 = 9,8; 9,5$  и  $9,2$  мм. Относительный натяг составил  $a = 2,0; 5,3$  и  $8,7\%$ .

На рисунке 1,а показаны кривые изменения силы дорнования в зависимости от перемещения дорна для различных величин относительного натяга. Чем больше величина натяга, тем больше сила дорнования, что связано с увеличением объема металла участвующего в деформации. При относительном натяге 0,02 на кривых наблюдается плато, свидетельствующее о равномерном деформировании малого объема пористой заготовки. С ростом величины относительного натяга протяженность плато уменьшается вследствие увеличения объема металла, участвующего в деформации. Сила дорнования достигает 2550 Н, что согласуется с данными работ [4, 5].

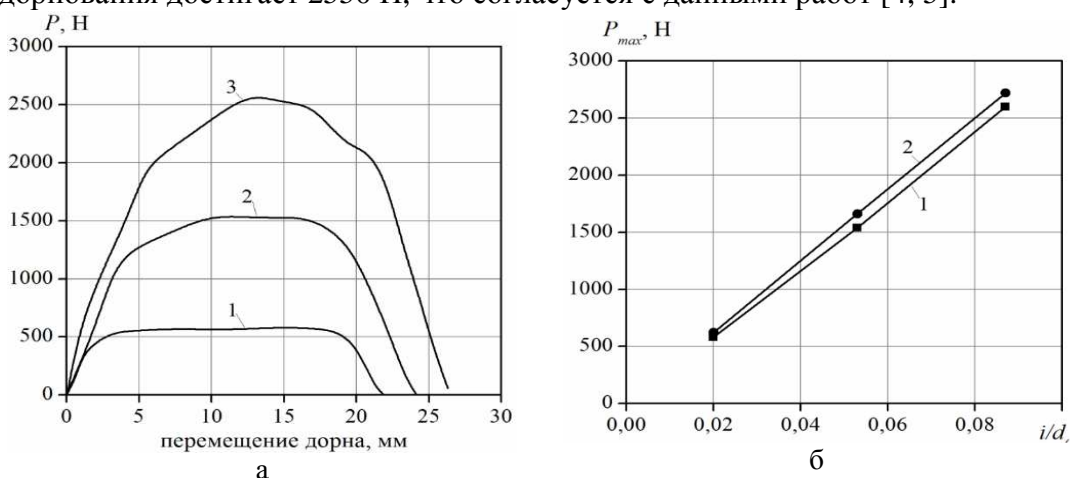


Рис. 1. Изменение силы дорнования в зависимости от перемещения дорна при относительном натяге: 1 – 0,02; 2 – 0,053; 3 – 0,087 – а; сравнение экспериментальной – 1 и расчетной – 2 силы дорнования – б

Сравнение расчетных и экспериментальных максимальных величин силы дорнования показывает ее рост с увеличением натяга по закону, близкому к линейному (рис. 1,б). Расхождение экспериментальных величин и данных, полученных с помощью моделирования, не превышает 8%.

Для экспериментального подтверждения характера зависимости силы дорнования пористых заготовок от угла заборного конуса дорна  $\alpha$  использовали дорны с углом  $2^\circ; 2-4^\circ; 3-6^\circ; 4-10^\circ; 5-15^\circ$  диаметром по ленточке  $d = 10$  мм, шириной ленточки  $b = 1$  мм. Величина натяга дорнования во всех случаях была равной  $i = 0,5$  мм; соответственно заготовки имели исходный внутренний диаметр  $d_0 = 9,5$  мм и наружный  $D_0 = 28 \pm 0,05$  мм.

На рисунке 2 приведено сравнение расчетных и экспериментальных максимальных значений силы дорнования в зависимости от угла заборного конуса дорна. Величина силы дорнования минимальна для дорна с углом заборного конуса  $\alpha = 4^\circ$  (рис. 2,а), что характерно и для дорнования отверстий

в деталях из литой стали [1]. Сила дорнования с дорном  $\alpha=15^\circ$  имеет резкий подъем при входе дорна в отверстие, а при выходе его из отверстия – спад. Такой характер кривой может быть объяснен тем, что при больших углах заборного конуса происходит не радиальное сжатие или осевое смещение, а резание инструментом с отрицательным передним углом и образованием стружки, что особенно опасно для порошковых материалов.

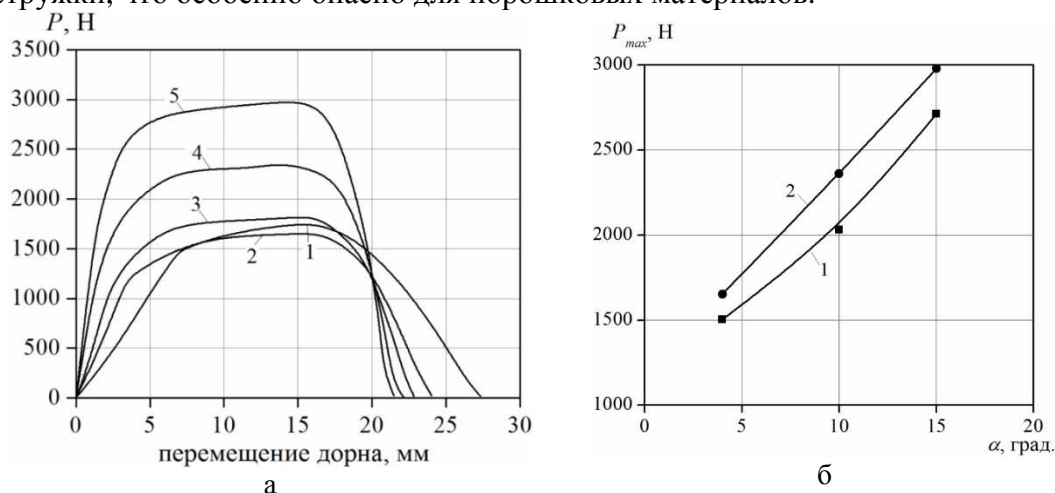


Рис. 2. Изменение силы дорнования в зависимости от перемещения дорна при величине угла заборного конуса: 1- $2^\circ$ ; 2- $4^\circ$ ; 3- $6^\circ$ ; 4- $10^\circ$ ; 5- $15^\circ$  – а; сравнение экспериментальной – 1 и расчетной – 2 силы дорнования – б

Экспериментальные исследования показали значительный рост силы дорнования при увеличении угла заборного конуса дорна с  $4^\circ$  до  $15^\circ$ , что характерно и при дорновании отверстий в деталях из компактных сталях [6].

Моделирование показывает, что по мере увеличения угла заборного конуса  $\alpha$  происходит рост относительной плотности материала на внутренней стенке полый заготовки практически до компактного состояния (рис. 3, а). При этом, с ростом угла  $\alpha$  толщина уплотненного слоя уменьшается.

Различная величина относительной плотности материала на внутренней поверхности полый заготовки объясняется разным характером распределения и величиной гидростатического давления в очаге уплотнения (рис. 3, б). С ростом исходной пористости заготовок сила дорнования уменьшается, но при этом не достигается максимальная плотность.

Моделирование показывает, что дорнование отверстий в деталях из пористых материалов дорнами с большими углами заборного конуса обеспечивают уплотнение материала на поверхности отверстия до практически компактного состояния с высоким упрочнением, при этом уменьшается толщина уплотненного слоя.

Таким образом, моделированием и экспериментально показана зависимость силы дорнования от технологических параметров – натяга, угла заборного конуса дорна.

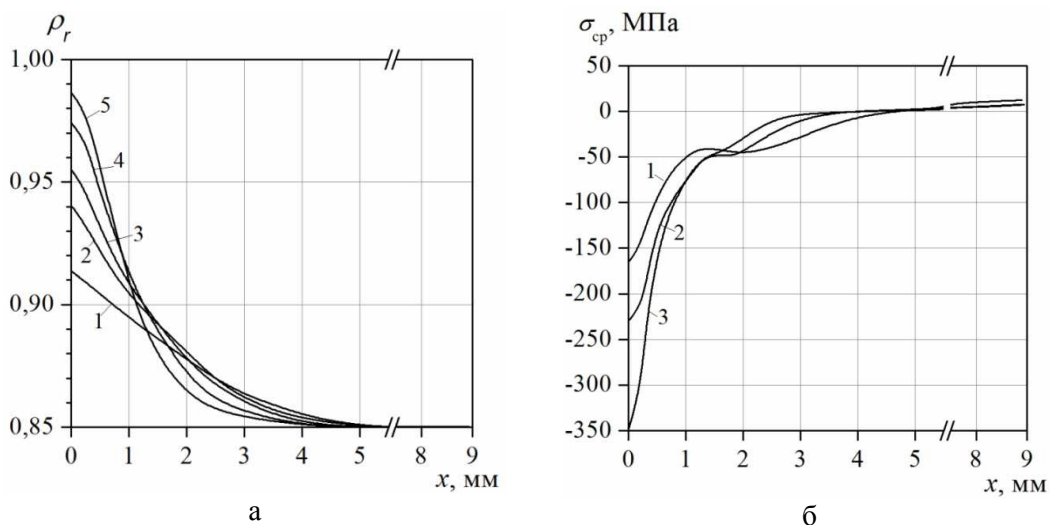


Рис. 3. Изменение относительной плотности по толщине стенки – а после обработки дорном с углом заборного конуса: 1-2°; 2-4°; 3-6°; 4-10°; 5-15°; изменение гидростатического давления по толщине стенки при обработке дорном с углом заборного конуса: 1-4°; 2-10°; 3-15°

Получено, что с увеличением натяга и угла заборного конуса сила дорнования увеличивается. С ростом угла заборного конуса относительная плотность материала на внутренней стенке полой заготовки растет практически до компактного состояния. При этом толщина уплотненного слоя уменьшается. Расхождение экспериментальных и расчетных данных в среднем составляет 10%.

#### Список литературы

1. Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. – М.: Машгиз, 1961. – 190 с.
2. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра. – Томск: ТПУ, 2005. – 92 с.
3. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
4. Воронцов А.Л. Исследование процесса дорнования отверстий // Кузнечно-штамповочное производство. – 2010. – №10. – С. 3-8.
5. Рябичева Л.А., Решетняк Д.В. Компьютерное моделирование свободного дорнования // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XLI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. – С. 24-29.
6. Ryabicheva L., Dyadichev V., Reshetnyak D. Modeling of a free burnishing powder hollow cylinder // J. Defect and Diffusion Forum. 2021, vol. 410, pp. 424-432.

#### References

1. Proskuryakov Yu.G. Burnishing holes. – М.: Mashgiz, 1961. – 192 p.
2. Skvortsov V.F., Arlyapov A.Yu. Burnishing of deep holes of small diameter. – Tomsk: Publ. house of TPU, 2005. – 92 p.

3. Odintsov L.G. Hardening and finishing of parts by surface plastic deformation: handbook. – М.: Mechanical engineering, 1987. – 328 p.
4. Vorontsov A.L. Investigation of the process of burnishing holes // Forging and stamping production. 2010, no. 10, pp. 3-8.
5. Ryabicheva L.A., Reshetnyak D.V. Computer modeling of free movement // Fundamental and applied scientific research: topical issues, achievements and innovations. Collection of articles of the XI International Scientific and Practical Conference. – Penza: ICNS "Science and Education", 2021. – P. 24-29.
6. Ryabicheva L., Dyadichev V., Reshetnyak D. Modeling of a free burnishing powder hollow cylinder // J. Defect and Diffusion Forum. 2021, vol. 410, pp. 424-432.

<b>Рябичева Людмила Александровна</b> – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой	<b>Ryabicheva Lyudmila Alekcandrovna</b> – doctor of technical sciences, professor, head of the department
<b>Белозир Ирина Ивановна</b> – ассистент	<b>Belozir Irina Ivanovna</b> – assistant
ryabic80@mail.ru	

*Received 21.06.2023*